桃園地區溶磷菌肥料效果田間驗證與整合性施肥方法之建立

湯雪溶 [1,*]

摘要

近年來行政院農業委員會農糧署大力推動友善環境農業，提出許多補助措施，其中包含國產微生物肥料補助，希能引導農民使用微生物肥料，藉以改善農田地力，替代部分化學肥料，並帶動微生物肥料產業發展。補貼標的以農糧署網站公告登載推薦國產微生物肥料品牌名單為限，目前可以選擇之微生物肥料商品達 24 個，其中溶磷菌肥料商品佔 22 個。為了解溶磷菌肥料於田間施用之功效，本場於 2017 年及 2018 年分別進行溶磷菌肥料產品肥 (功) 效田間驗證試驗，栽種需磷肥較高如青割玉米、嫩莖萵苣及紅莧菜進行田間試驗。結果顯示，溶磷菌肥料效果與土壤有效性磷具有相關性，若土壤有效磷缺乏，則所施用之溶磷菌肥料效果有限，另雖然施用溶磷菌肥料未見明顯增產效果，但若在肥力較高之土壤環境，減少化學肥料用量並配合使用溶磷菌微生物肥料，仍可達到一定的產量水準。

關鍵詞：溶磷菌、驗證、整合性施肥方法。

前言

所謂微生物肥料係指其成分含具有活性微生物或休眠孢子，如細菌、放線菌、真菌、藻類及其代謝產物之肥料製品，應用於作物生產具有提供植物養分或促進養分利用等功效。是目前農業資材的新興產品。但目前農民對微生物肥料之認知有限，相關的使用目的、方式、應用要領及肥料功效不甚清楚。於是在推廣上有其困難度。因此，如何使農民願意施用生物性肥料搭配整合性施肥方式，並對實際產量及品質有幫助，為推廣友善環境耕作之挑戰。

[*] 通訊作者：sjtang@tydais.gov.tw

[1] 農委會桃園區農業改良場助理研究員。台灣。桃園市。

材料與方法

一、微生物肥料產品肥 (功) 效田間評估方法之建立

1. 試驗材料：溶磷菌 2 種、青割玉米明豐 3 號
2. 方法：
   (1) 試驗處理：依據農地土壤磷含量高低，採不同磷肥用量，並配合溶磷菌施用，檢視對青割玉米之影響，共分成 6 種處理，
      a. 處理 1：菌劑 1 (*Bacillus subtilis*) (稀釋 500 倍後澆灌) + 施肥 (高磷不施/中磷 0.5 推薦量/低磷 0.75 推薦量)。
      b. 處理 2：菌劑 2 (*Bacillus licheniformis*) (稀釋 400 倍後澆灌) + 施肥 (高磷不施/中磷 0.5 推薦量/低磷 0.75 推薦量)。
      c. 處理 3：菌劑 1 基質 (稀釋 500 倍後澆灌) + 施肥 (高磷不施/中磷 0.5 推薦量/低磷 0.75 推薦量)。
      d. 處理 4：菌劑 2 基質 (稀釋 400 倍後澆灌) + 施肥 (高磷不施/中磷 0.5 推薦量/低磷 0.75 推薦量)。
      e. 處理 5：施肥 (高磷不施/中磷 0.5 推薦量/低磷 0.75 推薦量)。
      f. 處理 6：不施肥。
   (2) 試驗設計：6 處理、4 重複，採逢機完全區集設計(RCBD)，小區面積 3 m * 10 m= 30 m^2，行間距 75 cm * 20 cm。
3. 栽培管理 (時期、肥培等)：參照青割玉米肥料推薦量及分配率施用基肥，於齊膝期施用追肥 1 次。
4. 調查項目：試驗前後土壤調查採樣分析，作物的生長狀況田間調查，包括生育狀況及產量等。

二、溶磷菌肥料產品肥(功)效田間評估方法之建立

1. 試驗材料：溶磷菌商品 2 種 (Bacillus subtilis、Bacillus licheniformis)、嫩莖萵苣(品種：綠葉大心)
2. 方法：
   (1) 處理 1：施用全量肥料推薦量

(2) 處理 2：施用 2/3 氮磷鉀推薦量
(3) 處理 3：施用 2/3 氮磷鉀推薦量+微生物商品 1 (*Bacillus subtilis*)
(4) 處理 4：施用 2/3 氮磷鉀推薦量+微生物商品 2 (*Bacillus licheniformis)*
(5) 處理 5：施用 2/3 氮磷鉀推薦量+滅菌後微生物商品 1
(6) 處理 6：施用 2/3 氮磷鉀推薦量+滅菌後微生物商品 2
(7) 處理 7：對照組 0-不施肥
(8) 處理 8：對照組 1-施用微生物商品 1+等量化學肥料
(9) 處理 9：對照組 2-施用微生物商品 2+等量化學肥料

3. 試驗設計：採逢機完全區集設計 (RCBD)，9 處理*4 重複=36 小區，小區面積 1.5 m * 4 m = 6 m^2。
4. 栽培管理 (時期、肥培等) :栽培時期於 2018 年 2 月中下旬定植，4-5 月採收。參照作物施肥手冊肥料推薦量及分配率施用基肥，定植後 15-20 d 施用 1 追及 30-40 d 施用 2 追。
5. 調查項目：試驗前後土壤理化性質、嫩莖萵苣單株重、株高、單莖重及莖粗細、產量調查及植體鮮乾重與營養元素含量等。

三、建立溶磷菌微生物肥料與化學肥料或有機質肥料整合性施肥方法

1. 試驗材料：溶磷菌 2 種(Bacillus subtilis、Bacillus licheniformis)、紅莧菜
2. 方法：

(1) 處理 1：施用全量肥料推薦量
(2) 處理 2：施用全量氮鉀肥推薦量+1/2 推薦量磷肥
(3) 處理 3：施用全量氮鉀肥推薦量+1/2 推薦量磷肥+微生物商品 1(*Bacillus subtilis*)
(4) 處理 4：施用全量氮鉀肥推薦量+1/2 推薦量磷肥+微生物商品 2(*Bacillus licheniformis*)
(5) 處理 5：不施磷肥+施用全量氮鉀肥推薦量+10 ton ha^{-1} 堆肥
(6) 處理 6：不施磷肥+施用全量氮鉀肥推薦量+微生物商品 1+10 ton ha^{-1} 堆肥
(7) 處理 7：不施磷肥+施用全量氮鉀肥推薦量+微生物商品 2+10 ton ha^{-1} 堆肥
(8) 處理 8：對照組-完全不施肥

3. 試驗設計：採逢機完全區集設計 (RCBD)，8 處理*4 重複=32 小區，小區面積 1.5 m * 4 m = 6 m^2。
4. 栽培管理 (時期、肥培等):栽培時期於 2018 年 5 月中下旬定植，6-7 月採收。依前人研究，所有肥料量做基肥 1 次施用，不施追肥。
5. 調查項目：試驗前後土壤理化性質、莧菜產量調查、植體鮮乾重及營養元素含量分析等。

結果與討論

一、微生物肥料產品肥 (功) 效田間評估方法之建立

青割玉米 5 株鮮重在高磷區以處理 2 最高為 2.8 kg，處理 6 不施肥處理最低 1.3 kg (表 1)。中磷區以處理 1 最高 3.0 kg，處理 6 不施肥處理最低 1.2 kg (表 2)。低磷區處理 1 最低 1.7 kg，其餘處理無顯著差異 (表 3)。5 穗乾重在高磷區以處理 4 最高 368 g，處理 6 最低 88 g，中磷區處理 5 最高 343 g，處理 6 最低 65 g，低磷區處理 2 最高 285 g，處理 6 最低 58 g。

表 1. 不同微生物肥料產品對青割玉米生長勢影響 (高磷)

處理	5 株鮮重(kg)	5 株乾重(g)	5 株果穗乾重(g)
菌劑 1+施肥	2.5 ± 0.3	867.5 ± 102.8	285.0 ± 47.7
菌劑 2+施肥	2.8 ± 0.3	960.0 ± 77.8	325.0 ± 74.0
菌劑 1 基質+施肥	2.7 ± 0.4	982.5 ± 171.5	302.5 ± 53.1
菌劑 2 基質+施肥	2.8 ± 0.3	1,027.5 ± 90.9	367.5 ± 71.9
施肥	2.5 ± 0.2	927.5 ± 48.2	300.0 ± 32.4
完全不施肥	1.3 ± 0.8	437.5 ± 158.0	87.5 ± 47.6

表 2. 不同微生物肥料產品對青割玉米生長勢影響 (中磷)

處理	5 株鮮重(kg)	5 株乾重(g)	5 株果穗乾重(g)
菌劑 1+施肥	3.0 ± 0.4	1,080.0 ± 137.7	332.5 ± 59.7
菌劑 2+施肥	2.6 ± 0.6	1,002.0 ± 198.4	275.0 ± 93.4
菌劑 1 基質+施肥	2.9 ± 0.6	1,067.0 ± 210.2	317.5 ± 92.6
菌劑 2 基質+施肥	2.8 ± 0.5	1,035.0 ± 144.7	282.5 ± 76.3
施肥	3.2 ± 0.9	1,207.5 ± 288.6	342.5 ± 134.0
完全不施肥	1.2 ± 0.8	527.5 ± 382.8	65.0 ± 112.6

表 3. 不同微生物肥料產品對青割玉米生長勢影響 (低磷)

處理	5 株鮮重(kg)	5 株乾重(g)	5 株果穗乾重(g)
菌劑 1+施肥	1.9 ± 0.3	720.0 ± 97.0	167.5 ± 20.5
菌劑 2+施肥	2.7 ± 0.6	975.0 ± 225.0	285.0 ± 89.6
菌劑 1 基質+施肥	2.3 ± 0.5	830.0 ± 159.5	247.0 ± 91.5
菌劑 2 基質+施肥	2.2 ± 0.4	855.0 ± 162.7	217.5 ± 86.4
施肥	2.4 ± 0.2	862.5 ± 54.0	247.5 ± 43.2
完全不施肥	1.0 ± 0.1	347.5 ± 43.2	57.5 ± 28.6

二、溶磷菌肥料產品肥 (功) 效田間評估方法之建立

表 4 嫩莖萵苣 5 株平均收穫調查結果，顯示莖鮮重以處理 6 (溶磷菌肥料商品 2 經滅菌)最重 169.5 g (5 株平均)，處理 9 (使用與商品 2 同樣含量之液肥) 最輕 117.0 g，但各處理間無差異。葉鮮重以處理 4 (使用微生物肥料商品 2) 最高 132.5 g，處理 3 (使用微生物肥料商品 1) 最低 102.0 g。總鮮重以滅菌商品 294.0 g 最高，對照組不施肥最低，各處理間無顯著差異。

三、建立溶磷菌微生物肥料與化學肥料或有機質肥料整合性施肥方法

紅莧菜 3 期作後平均產量，以處理 6 (不施磷肥+施用全量氮鉀肥推薦量+微生物商品 1+10 ton ha^{-1} 堆肥)8.65 ton ha^{-1} 最高，處理 2 (施用全量氮鉀肥推薦量+1/2 推薦量磷肥) 7.06 ton ha^{-1} 最低。各處理間無顯著差異。但使用微生物肥料商品處理之產量均略高於僅施用化學肥料之處理 (表 5) 。

紅莧菜植體磷含量分析結果，以處理8完全不施肥的3期作平均磷含量最高 0.48 %，處理5 (不施磷肥+施用全量氮鉀肥推薦量+10 ton ha^{-1}堆肥) 磷含量最低 0.41 %，各處理間有顯著差異。與產量比對下未呈現相關性 (表6) 。

結論

1. 在溶磷菌肥料產品肥(功)效田間評估方法之建立，在青割玉米試驗中，供試溶磷菌微生物肥料以菌劑 2(磷菌肥)施用在高磷區及低磷區 5 株鮮重、乾重及果穗乾重最高。中磷區以未施用溶磷菌僅施肥處理之 5 株鮮重、乾重及果穗乾重最高，其次為施用菌劑 1 (善玉肥 1 號) 處理。

表 4. 嫩莖萵苣 5 株收穫平均重量調查 (單位：g)

處理	鮮重 (莖)	鮮重 (葉)	鮮重 (莖+葉)
1 (全量)	127.5 a	120.5 a	248.0 a
2 (2/3 化肥)	132.0 a	113.0 a	245.0 a
3 (商品 1)	117.5 a	102.0 a	219.5 a
4 (商品 2)	141.5 a	132.5 a	274.0 a
5 (滅菌 1)	128.0 a	131.0 a	259.0 a
6 (滅菌 2)	169.5 a	124.5 a	294.0 a
7 (對照組)	102.5 a	107.5 a	210.0 a
8 (液肥 1)	146.5 a	122.0 a	268.5 a
9 (液肥 2)	117.0 a	107.5 a	224.5 a

表 5. 莧菜產量調查結果 (kg/ha)

處理	第 1 作	第 2 作	第 3 作	平均
1	7,708 a	8,667 a	5,125 a	7,167 a
2	7,375 a	8,333 a	5,458 a	7,056 a
3	7,792 a	8,367 a	5,917 a	7,358 a
4	7,833 a	8,400 a	5,250 a	7,161 a
5	8,125 a	8,533 a	6,958 a	7,872 a
6	8,750 a	10,033 a	7,167 a	8,650 a
7	8,792 a	9,200 a	6,708 a	8,233 a
8	7,542 a	8,833 a	5,500 a	7,292 a

表 6. 莧菜植體磷含量 (%)

處理	第 1 作	第 2 作	第 3 作	平均
1	0.50 ab	0.50 a	0.39 ab	0.46 ab
2	0.47 bc	0.48 ab	0.40 ab	0.45 bc
3	0.45 c	0.49 a	0.40 ab	0.44 bc
4	0.47 bc	0.50 a	0.37 ab	0.45 bc
5	0.43 c	0.43 bc	0.37 ab	0.41 d
6	0.53 a	0.47 abc	0.35 b	0.45 bc
7	0.52 a	0.42 c	0.35 b	0.43 c
8	0.54 a	0.47 abc	0.42 a	0.48 a

2. 在溶磷菌肥料產品肥(功)效田間評估方法之建立嫩莖萵苣試驗中，雖然各處理間植體鮮重無顯著差異性，但使用微生物肥料處理之總鮮重調查略高於完全不施肥處理。顯示供試用微生物肥料仍有些許增重之效果，且商品 2 與施用全量化學肥料處理比較下有較佳之表現。

3. 建立溶磷菌微生物肥料與化學肥料或有機質肥料整合性施肥方法紅莧菜試驗結果，使用微生物商品 1 及 2 搭配有機質肥料之紅莧菜 3 作平均產量均優於其他處理，惜未達顯著差異，此顯示使用微生物肥料商品時，如欲達到較佳效果，應與粗纖維性有機質肥料搭配較佳。

引用文獻

1. 楊秋忠。2000。生物肥料的特性及使用要領。國立中興大學土壤環境科學系及土壤調查中心。P.7-1~7-3。
2. 楊秋忠。2004。土壤與肥料 (第九版) (442-494)。農世股份公司。台中。
3. 楊秋忠、趙震慶、沈佛亭。2012。微生物肥料的介紹。微生物肥料應用手冊：9-18。中華肥料協會。
4. 蘇秋華、洪麗蓉、楊秋忠。2000。不同有機質材施用對土壤固氮菌及溶磷菌之影響。中國農化學誌。
5. Knudsen, O, G. A. Peterson, and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. In A. L. Page (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd edtion Agronomy. p.225-246. ASA. Madison. WI.
6. Murphy, J. and L. E. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta. 27: 31-36.
7. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis, part 2. 2nd ed. Agronmy Monograph no.9, p. 539-579.

Establish Integrated Fertilization Methods and Evaluation with Verification of Microbial fertilizers Effect in Tao-yuan District

Hsueh-Jung Tang [1,*]

Summary

Quantitative indicators of activity of microbial fertilizer and evaluation methods of fertilizer (work efficiency) will be established to provide a reference for the future revision of the commodity specification of microbial fertilizer by the Agricultural Development and Reform Commission to ensure the quality of microbial fertilizer products and protect the rights of farmers.

2017 of microbial fertilizer products field evaluation methods established, the test crop is feed corn, according to the amount of fertilizer in the soil to adjust the amount of farmland soil and fertilizer on the two kinds of phosphate-solubilizing bacteria regularly to observe the impact on the yield. The results showed that the effects of using phosphate solubilizing fertilizer on the yield of maize under different phosphorus contents were all different.

2018 Establishing a field evaluation method for the fertilizer effect of phosphate-dissolving bacteria fertilizer products in Tao-yuan area and experiments of integrating phosphorus-dissolving bacteria microbial fertilizer with chemical fertilizer or organic fertilizer integrated fertilization method, Asparagus lettuce and Red Amaranth was tested in the field. The results showed that the yield difference between the treatments was not significant, although the application of the phosphate solubilizing fertilizer did not significantly increase the yield, but the reduction of the amount of chemical fertilizer and the use of phosphorus-dissolving bacteria microbial fertilizer conditions, can still achieve a certain level of production.

Keywords: Verification, Phosphate-Solubilizing Bacteria, Evaluation; Integrated fertilization methods.

---

[*] Corresponding author, e-mail: sjtang@tydais.gov.tw

[1] Assistant Researcher, Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station , Taoyuan, Taiwan, ROC.